

## Adatok a komposztok érlelésénél lejátszódó folyamatok ismeretéhez

### A huminsavak mennyiségi és minőségi változásai

TÖRÖK LÁSZLÓ

*Könnnyűipari Minisztérium Helyiipari Kutató Intézet, Budapest*

Szervestrágya készítési eljárásoknál általános törekvés, hogy az érlelés alatt minél kisebb legyen a szervesanyag vesztesége. Istállótrágya erjesztésénél többek között tömött trágyakazlakkal, a levegőzöttség csökkentésével igyekeznek ezt elérni. Ezzel szemben a komposztálásnál az érlelést inkább erősen aerob viszonyok között végzik, részben egészségügyi okokból, hogy a komposztok esetleges kórokozói elpusztuljanak, másrészt pedig a komposztok változatos nyersanyagában gyakran előforduló nehezen bomló szervesanyag átalakulása, nagyobb mérvű levegőzöttséget igényel.

A komposztálási eljárásoknál sem közömbös azonban, hogy milyen mértékű a szervesanyag vesztesége az érlelés alatt. A humusszá alakulás, a még el nem bomlott, labilis szervesanyagoknak, relatíve stabil szerves anyaggá való alakulását jelenti. Tehát ha valamely komposztálási eljárásnál a humuszanyagok abszolút gyarapodása erős, az annak a jele, hogy a szervesanyag teljes lebomlása mérsékelte.

A komposztálásnál képződött humuszanyagok mennyisége azonban egymagában még nem elegendő értékmérő. A mennyiség csak a minőséggel együtt határozza meg a komposzt értékét. A szervestrágyakészítés és komposztálás technológiájának olyannak kell lenni, hogy a termék a megfelelő minőségű humuszanyagokat minél bőségesebben tartalmazza.

Nem közömbös, hogy a huminsavak optimális mennyisége és minősége milyen komposztálási eljárásnál, milyen összetétel mellett és mennyi idő alatt alakul ki.

### A kísérletek megokolása

Az általam áttanulmányozott irodalomban nem találtam olyan vizsgálati adatot, amely a huminsavak mennyiségi és minőségi változásait, az érlelés különböző szakaszaiban, szabatos módszerekkel megállapította volna. Ennek legfőbb oka a huminsavak kvantitatív meghatározásának nehézségében rejlik. Nehring és Schiemann [2] különböző istállótrágya készítési és komposztálási eljárást vizsgált. A kiindulási anyagok és a végtermék anyagcsoport elemzésével és az acetilbromidos bomlásfok (Z. G. érték) megállapításával kísérelt meg bepillantást nyerni az érlelés alatt végbemenő folyamatokra. Ezekből az eredményekből azonban, amint saját maga is megállapítja, nem lehet a humifikáció folyamatára és a humuszforma kialakulására következtetést vonni, ezért a humusztrágya készítés eljárásainak értékelésére és megítélésére nem tartja elegendőnek sem az acetilbromidos bomlásfok megállapítását, sem a csoport-



analízist. Szükségünk van tehát olyan módszerre, amellyel a komposztok és szerves-trágyák humusz vegyületeit reprodukálható módon, analitikai pontossággal tudjuk meghatározni.

Az 1957 évi kutatási feladatunk az volt, hogy megvizsgáljuk két különböző összetételű komposzt humifikációjának folyamatát, a humuszanyagok mennyiségi és minőségi változását, az érlelés megindulásától kezdve, az érlelés első szakaszaiban, továbbá hat hónapos és egy éves állapotában. Megvizsgáltuk továbbá, hogy a komposztálás aerob és anaerob módja hogyan befolyásolja a humifikáció folyamatát, a humuszanyagok mennyiségét és minőségét, miután más vonatkozásban a levegőzöttség kérdésének tanulmányozása már szerepelt intézetünk 1956—57-es tématervében [1]. E vizsgálatokat abból a célból is végeztük, hogy megállapítsuk, az általunk használt módszer alkalmas-e arra, hogy a komposztálás folyamán a huminsavakban végbemenő mennyiségi és minőségi változásokat kimutassuk és értékeljük.

### A komposztok alapanyaga

A kísérleti komposztok ötféle alapanyagból készültek, a következő összetételben.

„A” komposzt

34% Csérföld

33% Zöldszemét

33% Bendőtrágya

„B” és „C” komposzt

50% Csérföld

15% Istállótrágya

15% Tőzeges fekáli

20% Zöldszemét

Az alapanyagok közül csak a zöldszemét tekinthető friss, még nyers szervesanyagnak, amelynek humifikált szervesanyag-tartalma nincsen. A bendőtrágyának van bizonyos huminsav tartalma, az istállótrágya és a tőzeges fekáli pedig 3—4 hetes erjedésen átesett anyagok, már tartalmazznak huminsavat. A csérföld szervesanyag-tartalma pedig erősen humifikálódott nehezen bomló szervesanyag.

1. táblázat

Az alapanyagok összetétele

(1) Alapanyagok	H <sub>2</sub> O %	pH	(2) Száranyagra számítva			
			Izzítási vesztesség	Hamu	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
			%			
a) Csérföld .....	20,8	7,0	27,5	72,5	0,58	0,62
b) Tőzeges fekáli .....	44,2	6,2	40,9	59,1	1,24	0,50
c) Istállótrágya .....	51,7	7,4	78,3	21,7	1,57	1,14
d) Zöldszemét .....	80,4	5,2	56,1	43,9	2,40	0,76
e) Bendőtrágya .....			nincs meghatározva			

A kiindulási anyagok elemzési adatai szerint a komposztok összes szervesanyagának humifikált mennyisége 40% alatt van, vagyis a szervesanyagok nagyobb része nincsen



humifikálódva. Azonban a teljesen bomlatlan és könnyen erjedő szervesanyag, a zöldszemét, mégis a szerves tömeg kisebb részét képviseli.

Nem lesz tehát érdektelen figyelemmel kísérni, hogy ilyen összetétel mellett van-e egyáltalában kimutatható mennyiségi és minőségi változása a huminsavaknak egy év alatt és a változás milyen irányú.

Az „A” és „B” komposztot aerob módon érleltük, levegőzöttségét a méterenként elhelyezett levegőcsatornák és a forgatás biztosították. A „C” komposzt anyaga minden tekintetben megegyezik a „B” komposzt anyagával, de érlelése teljesen levegőtlen körülmények között történt, zárt, 10 cm vastag földréteggel lefedett gödörben.

Az alapanyagok vizsgálati adatait az 1. táblázatban találjuk.

#### A vizsgálati módszer

A kiindulási állapot rögzítésére az első mintákat az érlelés előtt, az egyes komposztok gondosan összekevert anyagából vettük. A továbbiakban az aerob komposztokból ötször, az érlelés 20, 57, 97, 226 és 338. napján, az anaerob komposztból négyszer vettünk mintát, azzal a különbséggel, hogy a második mintavétel a 44. napon történt (2. táblázat).

A mintákat legmértéken záró patentüvegekbe helyeztük és miután előzőleg kalapácsos darálón homogenizáltuk, az eredeti nedvességű anyagoknak meghatároztuk víztartalmát, izzítási veszteségét, foszfor, nitrogén és kálium tartalmát, valamint pH-ját.

A humuszállapot vizsgálatára kalapácsos darálóval durván homogenizált, eredeti nedvességű anyagból, kb. 200 grammot azonnal kivettünk és vákuum exikátorban koncentrált kénsav felett teljesen kiszáritottuk. A száritással egyúttal a biológiai folyamatokat megállítottuk. A kiszáritott anyagot finom porrá őröltük, amíg maradék nélkül átment a 0,2 mm-es szitán, majd hosszantartó keveréssel homogenizáltuk. Az így előkészített anyag teljesen púderszerű volt, szemmel látható inhomogenitást nem tartalmazott. A továbbiakban a mintákat lapos porcelán tálban, szobahőmérsékleten állni hagytuk, amíg súlyállandó lett. A súlyváltozást naponta ellenőriztük.

Miután a széntartalom és a huminsav meghatározására felhasznált anyag mennyisége igen kicsi, 50–60 mg, illetve 1 g a megbízható eredmények elérésének a tökéletes homogenizálás az előfeltétele. A homogenizált légszáraz anyagnak meghatároztuk összes szén, illetve szervesanyag tartalmát. A meghatározást a jól bevált Tyurin-féle káliumbikromátos titrálós módszer Sarkadi (3) féle módosításával végeztük. Meghatároztuk továbbá a foszfor-, nitrogén- és káliumtartalmat, a C/N arányt, nedvességet és izzítási veszteséget. A szén (összes szervesanyag), nedvesség és izzítási veszteséget 3. a P, N és K adatait 2 párhuzamos meghatározás középértékéből számoltuk.

A huminsavak mennyiségi és minőségi vizsgálatát a benzol-alkohollal extrahált anyagon végeztük. A légszáraz homogenizált anyagból 30 g-ot Soxhlet készülékben 1:1 arányú benzol-alkohol eleggyel addig extraháltunk, amíg az extraháló oldat színtelen maradt. Az extrahált anyagot a benzol-alkohol elűzése céljából infravörös lámpa alatt 40–50 °C-on kiszáritottuk, lapos tálban szobahőmérsékleten állni hagytuk, míg súlyállandó lett, majd meghatároztuk szén, illetve szervesanyag tartalmát, nedvességét és izzítási veszteségét. A huminsavak meghatározását minden esetben 1 g extrahált anyagból végeztük, Sarkadi (4) folyamatos talajhuminsav kilúgozási módszerének némi változtatásával. A huminsavak mennyiségét, 2 párhuzamos kilúgozásból nyert huminsav oldat C tartalmának, 2 párhuzamos meghatározásából, vagyis összesen 4 mérés középértékéből állapítottuk meg, a szokásos 1,72 szorzófaktorral. A huminsavakra vonatkozóan a meghatározás relatív vagy %-os hibája + 0,48%.

Komposztoknál a huminsavak kivonásához a kis anyagbemerések miatt a Sarkadi-féle Witt lemez töleser nem volt megfelelő. Erre a célra az 1 ábrán látható kilúgozó készüléket szerkesztettem. A kilúgozó folyadék alulról felfelé történő áramlással mossa át az anyagot, amely gondolat ugyancsak Sarkadiól [5] származik. A készülék huminsavak kivonására, kis anyag bemeréseknél is igen jól használható és a kilúgozott maradék kvantitatíve kinyerhető, vagy visszamérhető.

Az 1. ábrán látható készülék (III.) két részből áll. Az alsó edény a kilúgozó pohár (I), a feneke G—2-es szűrőlappal van lezárva. Ebbe mérjük a vizsgálandó anyagot. A kilúgozó pohár csiszolattal illeszkedik a felső szűrőréssz (II). A szűrőcső alsó része perforált üveglap, amelyre szűrőpapír darabkát helyezünk, erre 1 cm vastag üveggyapot réteget, majd 3 cm vastag tengeri homokot szórunk.

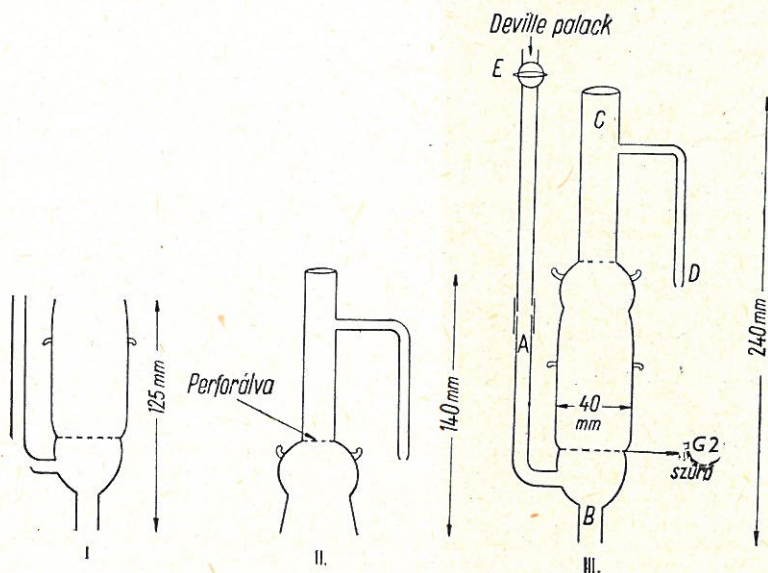
A huminsavak kivonásához használt lúg Deville palackból az „A” csövön (1. ábra) jut a kilúgozó edénybe, a G—2 szűrőlapon keresztül. A Deville palackot az „A” csővel csapos üvegcső kapcsolja össze. A csappal szabályozzuk a kilúgozó oldat beáramlását, illetve a huminsav oldat kicsepegésének sebességét.



A bemérés nagysága a várható huminsav tartalomtól függ. Komposztoknál (20–40% szárazanyagra számított összes szervesanyag tartalom mellett) a már ismertetett módon, gondosan előkészített anyagból, analitikai mérlegen 1 g-ot mérünk le és azt a kilúgozó pohár szűrőlapjára szórjuk. A pohár kifolyó nyílását (1. ábra „B”) gumidugóval, az „A” csövet pedig üvegbottal bedugott gumicsővel lezárjuk.

A savas előkezelés céljából a bemért anyagra 40 ml 60–80 °C-ra felmelegített 1,0 molos foszorsavat öntünk és üvegbottal jól elkeverjük, hogy a komposzt anyaga átnedvesedjék.

Másnap a savas oldatot az „A” és „B” csövek megnyitásával leengedjük és a pohárban levő anyagot 0,1 mol. foszorsavval mossuk, míg a lecepegő oldat kalciummentes lesz. Ehhez kb. 3 × 30 ml mosófolyadék szükséges. Ha a lecepegő oldat már kalciummentes, 2 × 20 ml desztillált vízzel mossuk át.



I. ábra

A kilúgozó készülék, I. Kilúgozó pohár, II. Szűrőfeltét, III. Az egész készülék egyben

A savas oldatot 250 ml-es normál lombikba öntjük, jelig töltjük és szervesanyag tartalmát Sarkadi [3] eljárása szerint meghatározzuk.

Fontos, hogy a savas kezelés előtt, amikor még az anyag száraz, a kilúgozó edény „A” és „B” csöve le legyen zárva, mivel a G—2 szűrőlap durva pórusú, a nagy diszperzitású anyagrészeket átengedi. Ha a lefolyó csöveket akkor nyitjuk meg, amikor az anyag több óra állás után átnedvesedett, megduzzadt és a pórusok eltömődtek, tiszta oldatot nyerünk. Ilyenkor már nyugodtan lehet a pohárban levő anyagot mosni. Ha mégis előfordulna, hogy a lecepegő oldat első részlete zavaros, azt visszaöntjük a pohárba.

Ha a savas kezelés befejeződött, a kilúgozó pohárba ráhelyezzük a felső szűrőrészt, miután a csiszolatokat szilikon zsírral vékonyan bekentük. A B és C nyílást gumidugóval lezárjuk. Ezután az A csövön keresztül pipettával megtöltjük az edényt a huminsav kivonásához használt lúggal. Ha az összes huminsavakat akarjuk kivonni, az oldást 0,1 n. NaOH-dal végezzük. Az edény megtöltésével egyidejűleg a D kicsepegő nyílásán át gumicső segítségével, a szűrőlap alatti térből kiszívjuk a levegőt, hogy a kilúgozó oldat az edénybe hatolhasson. Az egész rendszernek, a Dewille palacknak és a kilúgozó edény csöveinek is légbuborék mentesnek kell lennie, mert a zavartalan folyamatos folyadék-áramlást csak így biztosíthatjuk.

Ha az edény az A cső magasságáig megtelt, a Dewille palack csapos kivezető csövét összekapcsoljuk az A csővel és a csap megnyitásával a kilúgozó készülék egész belső terét a perforált üveglapig megtöltjük a kioldáshoz használt lúggal. Az így megtöltött készüléket másnapig állni hagyjuk. Ezalatt a kilúgozó készülékben a huminsav oldat kitisztul, az esetleg felszínen úszkáló részek a perforált lap alatt fennakadnak és a szűrőcsőbe tiszta oldat jut.



Az *E* csap megnyitásával a huminsav oldat csepegtetését úgy szabályozzuk, hogy a lecsepegtető oldat 8 óra alatt 500 ml legyen. A huminsav oldatot 500 ml-es mérő limbikban fogjuk fel, amelybe ha a kilúgozó folyadék 0,1 n NaOH, Sarkadi munkamódszere szerint 9 ml 10 n  $H_2SO_4$ -et adunk. Ha töményebb lúggal dolgozunk, pl. nem az összes huminsav hanem csak a barna huminsav kioldása céljából, a felfogó edénybe általában annyi savat adunk, hogy ennek a végkoncentrációja 0,10 n alatt maradjon.

Ha a lecsepegtető oldat gyakorlatilag már szintelen, a kilúgozást abbahagyjuk. Ehhez rendszerint 500—1000 ml oldat szükséges.

A kilúgozó edényben maradt, most már legfeljebb csak gyengén színes oldatot n.  $H_2SO_4$ -val szorítjuk ki az edényből, a következők módon. A *D* kifolyó csövet lezárjuk és a lúgos Deville palackot az *A* csőről levesszük és helyette n.  $H_2SO_4$ -val telt Deville palackot kapcsolunk össze a készülékkel. Az *E* csap megnyitásával, n.  $H_2SO_4$ -vel óvatosan kiszorítjuk a lúgoldatot. A nagyobb fajsúlyú kénssav oldat, ha nem túl gyors a beáramlás, a lúgoldat alá rétegeződik és ha a *B* kifolyócsőben huminsav oldat volna, azt onnan kvantitatíve kiemeljük. Mivel a készülék összes térfogata kb. 110—120 ml, a felfogó edényben ennyi folyadék részére hagyjunk helyet.

A lecsepegtetett oldatokat a fulvósav és huminsav elválasztása céljából lecentrifugáljuk. Sarkadi eredeti előírásától eltérően, az oldatok előzetes melegítése a csapadék tömörítése céljából, tapasztalatom szerint nem előnyös, mivel a nem melegített csapadék jobban tapad a centrifuga csövek aljára. A továbbiakban a huminsav és fulvósav tartalmat Sarkadi munkamódszere szerint határozzuk meg.

Az erősebben kötött huminsavak kivonása céljából még egy savas kezelést végzünk, a következő módon. A *B* kifolyó csövet megnyitjuk és levesszük a Deville palackot az *A* csőről. Ha a kilúgozó pohárból a csepegés önmagától nem indul meg, a *D* csőre húzott gumicsővön gyengén a készülékbe fújunk. A kilúgozó pohár kiürülése után a *B* kifolyót ismét lezárjuk és a poharat pipettával az *A* csővön keresztül 40—50 ml forró 2 n  $H_2SO_4$ -val megtöltjük. Hogy a kénssav az edénybe hatoljon a *D* csőnél gyengén meg kell szívni.

Másnap a kénssavat a *B* csővön leengedjük és a kilúgozó pohárban levő anyagot addig mossuk desztillált vízzel, míg a lecsepegtető oldat káliumrodaniddal vasreakciót nem mutat. A mosáshoz használt desztillált vizet az *A* csővön engedjük be az edénybe és a *D* csővön szívjuk fel.

A második savas kezelés után a kilúgozó edényt az *A* csővön keresztül ismét 0,1 n NaOH-dal töltjük meg, az *A* cső magasságáig. A 0,1 n NaOH-t tartalmazó Deville palackot összekapcsoljuk az *A* csővel és a maradék huminsav kioldását ugyanúgy végezzük, mint az előzőekben.

Tapasztalatom szerint kompozitoknál a második savas kezelés után igen kevés huminsav oldódik ki. Kb. 350 ml lúgoldat lecsepegtetése után a kilúgozást befejezzük, a pohárban maradt lúg-oldatot pedig mint az előzőekben leírtuk, n.  $H_2SO_4$ -val kiszorítjuk. A normál lombikokat jellegileg töltjük, centrifugáljuk, a huminsavat és fulvósavat pedig Sarkadi módszere szerint meghatározzuk.

Ha a kilúgozási maradék széntartalmát is meg akarjuk határozni, a következőképpen járunk el. A kilúgozó pohárból a szokásos módon leengedjük a kénssavat és kevés desztillált vízzel az anyagot átmoszuk.

A pohár tartalmát ezután előre lemért bepároló üvegcsészébe mossuk úgy, hogy először a készülék felső részét emeljük le óvatosan és a falára tapadt anyagrészeket a bepárló csészébe mossuk. Ezután az alsó edényből mossuk át ugyanígy az anyagot az üvegcsészébe.

Az üvegcsészéket vízfürdőn szárazra pároljuk, majd szárítószekrényben 80 °C-on kiszárítjuk és 24 óráig szobahőmérsékleten állni hagyjuk, végül analitikai mérlegben lemérjük. A bepárló csészék tartalmát kikaparjuk, kis porcelánmozsárban porítjuk és széntartalmát Tyurin—Sarkadi szerint meghatározzuk.

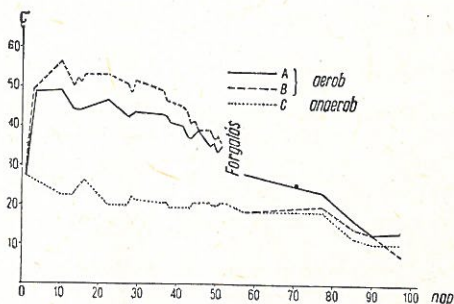
### Az eredmények értékelése

#### A hőmérséklet változása

A hőmérsékleti változásoknál figyelembe kell venni, a kompozitok összetételét és az időjárási viszonyokat. A kompozitok alapanyagaiban aránylag kevés a könnyen bomló nyers szervesanyag, másrészt az érlelési kísérlet nyár végén, augusztus 27-én indult és a még meleg napokat rövidesen hideg őszi napok követték. Az aránylag kistömegű prizmák (egy-egy prizma 30 g) hőmérsékletét a külső hőmérséklet befolyásolta. E körülmények mérsékeltek az erjedési folyamatokat. A hőmérséklet egyik aerob prizmánál sem emelkedett magasra. A hőmérséklet változásait az első három hónapban a 2. ábra szemlélteti. A hőmérsékleti maximumot az „A” prizma 49 °C-nál, a „B” prizma 56 °C-nál érte el, mindkettő a 10. napon. Az „A” kompozit szerkezete tömöttebb volt, a „B” kompozit lazább. Ezt a kompozitok megbontásánál fél év



múlva is meg lehetett állapítani. A lazább szerkezet miatt a „B” komposzt levegőzöttsége erősebb volt, ennek tulajdonítható, hogy a hőmérsékleti maximuma  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal magasabb, mint az „A” komposzté. Ugyanakkor azonban a túllevegőzöttség kiszáradást okozott, amint azt a 2. táblázat adataiból megállapíthatjuk.



2. ábra  
Hőmérsékleti görbe

Mindkét aerob prizmánál a hőmérséklet hirtelen emelkedik. A maximum elérése után kisebb ingadozások közben eleinte lassabban, majd gyorsan esik.

A teljesen anaerob komposztálásnál (C) a hőmérsékleti változások minimálisak, ennek megfelelően a biológiai anyagátalakulás is igen mérsékelt.

A 97. napon, december 2-án, mindhárom komposzt hőmérséklete egymáshoz közel eső alacsony érték. Az „A” komposzté  $13,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a „B” komposzté  $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a „C” komposzté  $10,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . A 2. ábrán idáig tüntettük fel a hőmérséklet változásának adatait, mivel a továbbiakban lényeges változás nem volt. Az április 10-én történt forgatás után az aerob prizmánál igen mérsékelt hőmérséklet emelkedés indult meg, amely maximumot május 5-én ért el: az „A” prizmánál  $33,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal, a „B” prizmánál  $31,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ -kal. Ezután a hőmérséklet lassan  $25\text{--}26\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra csökkent és ezt az értéket kisebb ingadozásokkal augusztus végéig tartotta.

A hőmérsékleti változásokból is megállapítható, hogy az anyag átalakulás lefolyása mind a komposztok összetételétől, mind a külső körülményektől függ.

#### A tápláló anyagok változása

A nitrogén, foszfor és káliumtartalom változását az eredeti nedvességű és a légszáraz homogenizált anyagban is mértük. A szárazanyagra átszámított adatok a nitrogén kivételével mindkét meghatározásban elég jól egyeznek, ezért csak a légszáraz anyag elemzési adatait (2. táblázat) közöljük. Mivel a mintavételek idején a komposztok súlyváltozását nem mértük, a tápanyagok változásának abszolút nagyságát nem ismerjük. Az időnként mért százalékos változásokból azonban következtethetünk a tápanyagok érlelés alatt bekövetkezett mennyiségi változásának dinamikájára is.

A nedvességtartalmat és pH-t a mintavétel után azonnal meghatároztuk. Az eredményeket a 2. táblázatban találjuk.

A légszáraz anyagban meghatározott százalékos nitrogénmennyiségeknek (2. táblázat) oly csekély szórása van, hogy azokat az érlelés alatt állandónak tekinthetjük. Ez pedig csak úgy lehetséges, ha a nitrogén abszolút mennyisége csökken. Az érlelés alatt ugyanis a trágya veszít súlyából. Ha nitrogénvesztéség nincsen, ez a nitrogén bekonzentrálódásában jelentkezik, ami viszont a nitrogén %-os mennyiségének növekedésében kell, hogy mutatkozzék. A vizsgálatainknál tapasztalt változatlan nitrogéntartalom tehát nitrogénvesztéséget jelent.

Az eredeti nedvességű anyagban a kezdeti állapotban meghatározott nitrogéntartalom magasabb volt mint légszáraz állapotban. Ez annak tulajdonítható, hogy az érlelés kezdetén még jelentékeny mennyiségű adszorpciósan kötött nitrogén volt jelen, ami a szárítás után az anyagból eltávozott.

Az anaerob erjesztésnél is az tapasztalható, hogy az egy éves komposztálás időtartama alatt a %-os nitrogén mennyiségek határozott változást nem mutatnak, még az eredeti nedvességi állapotú anyagban sem. Ha azonban figyelembe vesszük, hogy az



anaerob komposztálásnál — amint az összes vizsgálati adatokból kitűnik — az anyag-átalakulás mérsékelt, az összes szervesanyag csökkenése az egy éves komposztálás alatt igen kicsi, vagyis ennél a komposztnál a súlyváltozás minimális, akkor az aerob komposztoktól eltérően, a változatlan nitrogénmennyiség ebben az esetben gyakorlatilag állandó nitrogéntartalmat jelent. Ez a körülmény is az igen mérsékelt anyag-átalakulási folyamat mellett tanúskodik.

2. táblázat

A háromféle (A, B, C) komposzt vizsgálati adatai

(1) Komposztminták és érlelési idő napokban		(2) Az eredeti komposztban		(3) Száraz anyagra számítva %-ban						(4) 1 g komposzt- szárazanyagban van	
		H <sub>2</sub> O%	pH	Izzí- tási vesz- teség	Összes szerves- anyag	C	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Szerves- anyag	Humín- sav
A)	1	57,6	8,0	35,7	27,7	16,1	0,86	0,82	1,24	27,7	5,8
	20	50,7	7,9	33,3	23,1	13,4	0,77	0,88	1,62	21,7	5,2
	57	50,3	7,3	30,3	23,1	13,4	0,87	0,92	1,28	21,7	5,0
	97	44,3	7,0	28,9	21,5	12,5	0,88	0,89	1,32	19,8	4,5
	226	40,4	7,4	27,5	20,0	11,6	0,83	0,97	1,28	18,1	4,7
	338	34,4	5,6	27,5	19,2	11,1	0,81	1,04	1,18	17,2	4,7
B)	1	52,3	7,8	33,1	25,6	14,8	0,74	0,65	1,40	25,6	6,3
	20	39,2	7,2	30,8	23,1	13,4	0,73	0,68	1,46	22,4	5,4
	57	45,6	7,4	29,0	21,5	12,4	0,78	0,85	1,36	20,4	4,6
	97	36,8	6,8	27,8	21,0	12,2	0,80	0,71	1,42	19,8	5,0
	226	37,5	7,8	27,5	21,4	12,4	0,79	0,73	1,39	20,2	5,5
	338	30,5	5,8	27,5	19,9	11,6	0,76	0,78	1,15	18,5	4,9
C)	1	54,8	6,8	34,3	27,1	15,7	0,89	0,74	1,46	27,1	6,6
	44	43,1	7,4	32,7	25,9	15,0	0,88	0,82	1,34	25,5	6,2
	97	43,0	6,6	31,0	24,3	14,1	0,87	0,72	1,45	23,4	5,1
	226	45,7	7,3	30,5	24,8	14,4	0,87	0,70	1,46	24,0	6,5
	338	41,7	5,9	30,7	24,2	14,1	0,79	0,76	1,34	23,3	5,7

A foszfortartalomra nézve, mind az eredeti, mind a légszáras állapotú anyag vizsgálatából az állapítható meg, hogy a relatív változást kifejező %-os foszfortartalom az aerob komposztok anyagában, a komposztálás második felében növekedett. Mivel — amint az előbbiekből már mondtuk — az érlelés alatt a trágya veszített súlyából, ez a körülmény azt bizonyítja, hogy az érlelés alatt a foszfor bekoncentráldott, feltehető, hogy jelentős foszforvesztés nem volt.

A káliumtartalomban egyértelmű változást nem találtam.

A nitrogén és foszfortartalom az „A” komposztban az egész érlelés alatt valamivel magasabb, mint a „B” komposztban.

### A szervesanyagok mennyiségi változásai

A kísérletekkel tulajdonképpen azt akartuk megállapítani, hogy az adott összetétel mellett a komposztálási eljárás értékelése szempontjából fontos humuszanyagok mennyisége és minősége hogyan változik az egy éves érlelés alatt, továbbá, hogy a



humuszanyagok mennyiségét és minőségét a levegőzöttség állapota és a komposztok összetétele hogyan befolyásolja.

A komposztok alapanyagaiban stabil huminsavakat tartalmazó csériföld, istállótrágya és tőzeges fekál van. A még bomlatlan és nem humifikált szervesanyagokat a zöldszemét és részben a bendőtrágya képviseli.

Ismeretes, hogy szervesetrágya érlelésénél, az érlelés módjától függően, a szerves anyagok egy része elvész. Nem ismeretes azonban az, hogy a szervesanyag veszteség csak a friss, még bomlatlan anyagból származik-e, vagy a már meglevő huminsav tartalom egy része is áldozatul esik az erjedési folyamatoknak. Ez elsősorban a komposztálási eljárásoknál érdekes, ahol gyakran jelentékeny mennyiségű érett humuszanyag is előfordul a kiindulási anyagokban. Nem ismeretes továbbá az sem, hogy az érlelés alatt megindul-e a huminsavak gyarapodása és mikor alakul ki a legjobb minőségű humuszanyag.

Az egy éves komposztálás alatt az összes szervesanyagtartalomban beállott változásokat a 2. és 3. táblázatból állapíthatjuk meg. A 2. táblázat az egyes mintavételek idején talált %-os szervesanyag és tápanyag mennyiségeket tünteti fel.

Feltételezve, hogy a komposztálás alatt, a komposztok szervesetlen anyagának mennyiségében lényeges változás nem történik — és úgy véljük evvel nagy hibát nem követünk el, — a szervesanyag %-os mennyiségéből (a szervesetlen anyagot állandónak véve) kiszámítottuk, hogy 100 kg komposztban milyen nagyságrendű volt a szervesanyag csökkenése (2. táblázat). Ezekből az adatokból pedig kiszámítottuk a 100 kg komposzt-szárazanyag szervesanyagának %-os változását egy év alatt, (3. táblázat) valamint azt, hogy az érlelés egyes időszakaiban, milyen nagyságrendű volt e változás. Ezek az adatok összhangban vannak a ténylegesen mért relatív %-os változásokkal, de szembetűnőbben mutatják a különbségeket.

A humifikált szervesanyagtartalomnak %-os változásait a 4. táblázatban foglaltuk össze. Ezenkívül az 2. táblázatban — hasonló meggondolás alapján, mint az összes szervesanyagoknál tettük, — megadtuk 100 kg komposzt-szárazanyag huminsav tartalmának abszolút mennyiségi változását is kg-ban.

Ezekből az adatokból mindenekelőtt megállapíthatjuk, hogy az érlelés alatt mind az összes szervesanyagtartalom, mind annak huminsav tartalma, illetve humifikált része veszteséget szenvedett, ami az aerob érleléseknél jelentékeny. Az anaerob komposztnál is csökken bár igen mérsékelten a szervesanyag mennyisége.

Az eredményekből még a következőket állapíthatjuk meg. A szervesanyag vesztesége az aerob komposztnál legnagyobb a heves erjedés időszakában. Az összes szervesanyagtartalomból a 20. napon 1 q „A” komposzt 6 kg-ot, 1 q „B” komposzt 3,2 kg-ot veszített. Az anaerob érlelés pedig a 44. napon is csak 1,6 kg összes szervesanyaghiányt mutatott (3. táblázat). Amíg az aerob komposztoknál a heves erjedés után a szervesanyagveszteség erősen lecsökken, addig az anaerob komposztoknál a 97. napon mértük a legnagyobb szervesanyagveszteséget, ettől kezdve a szervesanyag mennyiségében határozottan megállapítható változás nincs.

Amint a 3. táblázat adataiból megállapíthatjuk, a szervesanyag mennyiségének változása a két aerob komposztnál sem azonos. Legnagyobb szervesanyag vesztesége az „A” komposztnak van, lényegesen kisebb a „B” komposzté. 1 q „A” komposzt-szárazanyagban az összes veszteség egy év alatt 37,9%, a „B” komposztban 27,7% (3. táblázat). A különbség a komposztok összetételével magyarázható. Annak ellenére, hogy a „B” komposzt hőmérsékleti maximuma 7 C°-kal magasabb, mint az „A” komposzté, mégis kevesebb a szervesanyag vesztesége. Ez annak tulajdonítható, hogy a „B” komposzt összetételénél fogva lazább szerkezetű, mint az „A” komposzt. A félv



3. táblázat

1 q komposzt-szárazanyag szervesanyag-vesztesége az egy éves komposztálás különböző időpontjában %-ban és kg-ban

(1) Hány napig tartó érlelés után	(2) Veszteség %			(3) Melyik időközben	(4) Összes szervesanyag-veszteség kg-ban		
	A	B	C		A	B	C
20 .....	21,7	12,5	—	1— 20 nap	6,0	3,2	—
44 .....	—	—	5,9	1— 44 nap	—	—	1,6
57 .....	21,7	20,3	—	20— 57 nap	nincs változás	2,0	—
97 .....	28,5	20,7	13,6	44— 97 nap	—	—	2,1
226 .....	34,7	21,1	11,4	57— 97 nap	1,9	0,6	—
338 .....	37,9	27,7	14,—	97—226 nap	1,7	nincs változás	nincs változás
..				226—338 nap	0,9	1,7	nincs változás

utáni megbontásnál is látszott, hogy az „A” komposzt szerkezete tömöttebb, a „B” komposzté pedig laza és aránylag sok szemmel látható bomlatlan szervesanyag volt benne.

Az erősen laza szerkezet a „B” komposztnál túllevegőzöttséget és gyors kiszáradást okozott, ami lecsökkentette a szervesanyag bomlását. A 2. táblázat adataiból kitűnik, hogy míg az „A” komposzt nedvességtartalma a 20. napon is 50,7%, ugyanakkor a „B” komposzté csak 39,2% volt. A „B” komposztnál tehát valószínűleg már a hőmérsékleti maximum kialakulása után, hirtelen kiszáradás következett be. A nedvességtartalom mindkét komposztnál csökken, de a „B” komposzt nedvességtartalma állandóan jóval alacsonyabb.

Amíg az összes szervesanyag mennyisége mindvégig határozottan csökkenő irányú, addig a huminsav tartalom az aerob komposztoknál a minimum elérése után újra növekszik mérsékeltén. A huminsavtartalomban is a legnagyobb veszteség az érlelés első szakaszában, a heves erjedés idején van.

Az „A” komposzt huminsavtartalma a 3. hónapban 22,4% veszteséggel, míg a „B” komposzt a második hónapban 26,8% veszteséggel éri el a minimumot. A huminsavtartalom növekedő irányát a 4. táblázat %-os huminsav mennyiségei mutatják.

Az aerob komposztoknál a huminsavtartalom változása határozott, az anaerob érlelésnél a mennyiségi változás kicsi és bizonytalan. Az anaerob érlelésnél nehezebb az eredmények kiértékelését, hogy a gödörből nem tudunk olyan átlagmintát venni, ami megbízhatóan képviselné az egész komposzt tömegét. Mindenesetre annyit megállapíthattunk, hogy a levegőtlen érlelésnél mind az összes szervesanyag, mind a humifikált rész mennyiségi változása kicsi és a huminsavtartalom mind végig csökkenő irányú.

Az összes szervesanyagtartalom humifikált részének relatív százalékos változásait a 4. táblázatban találjuk. Ezek az adatok a huminsavtartalom változásának szempontjából — éppen úgy, mint a 2. táblázat abszolút huminsav mennyiségének változásai — kedvezőbbnek az „A” komposztot mutatják. Ugyanis a teljes komposztálási időt figyelembe véve, az összes szervesanyagtartalom humifikált része (4. táblázat) egyedül az



„A” komposztban növekvő irányú és a komposztálás végén a huminsavtartalom 25,8% relatív növekedést mutat. Ezzel szemben a „B” komposzt szervesanyagának relatív %-os huminsavtartalma eleinte csökkenő irányú, a komposztálás végén pedig a kezdeti állapothoz viszonyítva gyarapodást nem mutat.

## 4. táblázat

A huminsav frakcióinak mennyisége a különböző időszakban benzol alkohollal kezelt anyagban szárazanyagra számítva %-ban

(1) Komposztminták és érlelési idő napokban	(2) Komposzt száraz anyagra számítva					(3) Összes szervesanyagra számítva			
	(4) Összes szervesanyag- tartalom	(5) Sav- oldható	(6) Fulvo- sav	(7) Humín- sav	(8) Összes kiold- ható sav	(5) Savold- ható	(6) Fulvo- sav	(7) Humín- sav	(8) Összes kiold- ható sav
A) 1	26,08	0,78	2,22	5,83	8,83	2,99	8,51	22,35	33,9
20	22,08	0,69	1,58	5,48	7,76	3,12	7,16	24,82	35,1
57	21,39	0,54	1,65	5,32	7,51	2,51	7,73	24,87	35,1
97	20,46	0,57	1,52	4,84	6,93	2,81	7,43	23,66	33,9
226	19,35	0,60	1,56	5,19	7,35	3,09	8,04	26,84	37,9
338	18,60	0,53	1,10	5,25	6,88	2,86	5,89	28,24	37,0
B) 1	23,13	0,84	1,82	6,34	8,99	3,63	7,87	27,41	38,9
20	21,98	0,64	1,36	5,63	7,63	2,91	6,19	25,61	34,7
57	20,15	0,59	1,42	4,85	6,86	2,94	7,05	24,08	34,1
97	20,00	0,65	1,01	5,30	6,96	3,25	5,05	26,51	34,8
226	20,84	0,58	1,24	5,85	7,67	2,77	5,96	28,07	36,8
338	19,18	0,50	1,04	5,25	6,78	2,61	5,41	27,40	35,4
C) 1	25,30	1,08	2,10	6,55	9,73	4,26	8,29	25,86	38,4
44	24,33	0,72	1,76	6,27	8,75	2,96	7,23	25,77	36,0
97	23,11	0,65	1,52	5,38	7,55	2,81	6,58	23,30	32,6
226	24,09	0,82	1,46	6,69	8,97	3,38	6,07	27,78	37,2
338	23,03	0,63	1,21	5,92	7,76	2,69	5,21	25,39	33,3

Az aerob komposztok huminsavának mennyiségi változásai összetételükkel megindokolhatók. A „B” komposzt laza szerkezeténél fogva túl levegőzött volt, ezenkívül összetételében (tőzeges fekál, istállótrágya) olyan, hogy a kis molekulású még el nem öregedett könnyen bomló huminsavakat nagyobb mértékben tartalmazta. E miatt az erjedés első periódusa hevesebb volt és a huminsavak nagyobb mértékben estek áldozatul az erjedésnek. Ugyanakkor erős kiszáradás következett be, ami a továbbiakban csökkentette az összes szervesanyag bomlását. A „B” komposztban egyébként is a nyers szervesanyag kisebb mértékben volt képviselve, mint az „A” komposztban. Az összes szervesanyagtartalomban beállott kisebb csökkenést tehát egymagában ez is indokolja (3. táblázat).

Az anaerob komposztnál az összes szervesanyag huminsavtartalma, valamint az összes humifikált szervesanyagtartalom — eltekintve a 226. napon vett minta kiugró értékétől —, csökkenő irányú.



Az anaerob komposztálásnál az összes szervesanyag humifikált részének relatív %-os csökkenését régebbi vizsgálataink adatai is alátámasztják, amit a 6. táblázatban mutatunk be. Ez azonban azt is bizonyítja, hogy a komposztálás végtermékének %-os huminsavtartalma, még nem ad tiszta képet a huminsavtartalom-ban beállott valószínű változásokról, ha a kiindulási állapotot nem ismertük.

### Minőségi változások az érlelés alatt

A minőségi változások megállapítására meghatároztuk a C/N arány változását, mint amely értékszám a szervesanyagok bomlási állapotáról tájékoztat. Meghatároztuk továbbá a huminsav oldatok fényabszorpcióját Pulfrich féle fotométerrel. E vizsgálatok megbízhatóságának lényeges feltétele az abszolút tiszta, minimális kolloid zavarosodást sem mutató huminsav oldat.

A C/N arány változása visszatükrözi a szervesanyagok bomlásának előrehaladását és összhangban van a többi elemzési adatokkal. A C/N arány szűkülése a bomlás előrehaladtával mind a három komposzt-nál egyértelmű. Legnagyobb változások a két aerob érlelésnél vannak, annak megfelelően, hogy a szervesanyagok bomlása ezekben a komposztokban a legnagyobb mértékű (5. táblázat). Az anaerob érlelésnél, ahol a biológiai folyamatok erősen le vannak fékezve, a C/N arány szűkülése is igen mérsékelt. Meg kell még említeni, hogy a C/N aránya a kísérleti komposztok kiindulási anyagában sem tág, mivel a kiindulási anyagokban a nyers, még bomlatlan szervesanyag csak kisebb mennyiségben szerepel.

Az egyéves érlelés alatt megfigyelt mennyiségi változások azt mutatták, hogy az egész érlelési folyamatot, az abszolút mennyiségeket figyelembe véve, a szervesanyagvesztesség jellemezte és nem új anyagok keletkezése, illetve nem a humifikálódás.

Ennek következtében a fényabszorpciós vizsgálatoktól nem is várható, hogy a kiindulási anyagok humusz minőségét jellemző fényabszorpciós értékektől lényegesen eltérő értékszámokat mutasson. Igen sok régebbi vizsgálati adatunk bizonyította már, hogy

5. táblázat

A komposztok és a huminsavak minőségének változása az érlelés alatt

(1) Hány napig tartó érlelés után	c N	tg a	(2) 100 mg C/100 ml oldatra átszá- mított extinciók	
			K <sub>886</sub>	K <sub>817</sub>
A) 1	18,9	1,35	2,47	12,03
20	17,4	1,37	1,49	7,39
57	15,6	1,39	1,50	7,81
97	14,2	1,36	1,75	8,54
226	14,0	1,39	1,68	8,63
338	13,7	1,38	1,77	8,80
B) 1	19,9	1,30	1,78	8,12
20	18,2	1,30	2,13	9,88
57	15,9	1,23	2,42	10,19
97	15,3	1,31	2,20	10,10
226	15,7	1,31	2,14	9,81
338	15,2	1,36	2,11	10,36
C) 1	17,5	1,29	1,64	7,32
44	17,1	1,28	1,70	7,73
97	16,3	1,30	1,88	9,04
226	16,6	1,29	1,92	8,57
338	17,8	1,37	1,80	8,81

6. táblázat

Különböző módon érlelt komposztok huminsav tartalma

(1) Minta	(2) Érlelés módja	(3) Huminsav % a szerves- anyagban	(2) Huminsav % a komposztban
1	Erősen levegős	28,05	5,73
2	Erősen levegős	30,30	4,86
3	Levegőtlen érlelés	26,08	4,51
4	Teljesen levegőtlen érlelés	24,74	4,45



a tg  $\alpha$  érték, szervesztrágyák huminsavainak minőségvizsgálatára kevésbé alkalmas. E vizsgálatoknál is azt tapasztaltuk, hogy a tg  $\alpha$  értékek kiértékelhető változást nem mutatnak, viszont az azonos C tartalomra átszámított 6650 és 4650 Å hullámhosszon mért extinkció értékek, a  $K_{66}$  és  $K_{47}$  értékszámok ezúttal is nagyobb és határozottabb különbségeket adtak. Annyit azonban a tg  $\alpha$  értékek is elárulnak, hogy a kisebb fényelnyelő képességű, kisebb molekulájú humifikált anyagok mellett, nagyobb fényelnyelő képességű, érettebb huminsavak is vannak jelen. Ennek tulajdonítható, hogy a tg  $\alpha$  értékek alacsonyabbak, mint ami általában a friss trágyáké szokott lenni. Az érettebb huminsavakat elsősorban a csérföld szolgáltatja.

A fényabszorpció értékszámainak ki kell fejezni azokat a mennyiségi változásokat, amelyek a kis fényelnyelő képességű, kis molekulájú és nagyobb fényelnyelő képességű nagyobb molekulájú anyagok között a komposztálás ideje alatt fellépnek. Továbbá ki kell fejezni azt is, hogy az alacsony molekulájú, kis fényelnyelő képességű anyagok átmentek-e olyan változáson, ami nagyobb molekulához, nagyobb fényelnyelő képességhez vezet.

Ha ezeket figyelembe vesszük az 5. táblázat  $K_{66}$  és  $K_{47}$  értékeiből a következőket állapíthatjuk meg.

Az „A” komposzt huminsavai az érlelés előtti állapotban nagyobb fényabszorpciót mutatnak, mind a „B” és „C” komposztok kiindulási anyagai. Ez annak tulajdonítható, hogy ebben a komposztban a kisebb fényelnyelő képességű anyagok, kisebb mértékben vannak képviselve, mint a „B” és „C” komposztokban. Ez valóban meg is felel a komposztok összetételének, mert a „B” és „C” komposztokban az istállótrágya és tőzeges. fekál nagyobb mennyiségben szolgáltatott alacsony fényelnyelő képességű anyagokat, míg az „A” komposztban a komposztálás elején a huminsavak jellegét a csérföld huminsavai határozzák meg. Az „A” komposzt huminsavainak kezdeti nagyobb fényelnyelő tulajdonsága azonban megváltozik, a  $K_{66}$  és  $K_{47}$  értékek lecsökkennek, ami kisebb molekulájú huminsavak megjelenésének tulajdonítható. Ez összhangba hozható a 4. táblázat adataival, amely az „A” komposztban a huminsavak relatív növekedését mutatja. A „B” komposztnál fordított az eset. A kezdeti alacsony fényabszorpció-képesség a komposztálás alatt megnő, vagyis a nagyobb fényelnyelő képességű, érettebb huminsavak relatíve gyarapodtak. Ez is összhangban van a „B” komposzt huminsavainak komposztálás alatt végbemenő mennyiségi változásával, amint az a 4. táblázatban látható. Ebből kitűnik, hogy az összes szervesanyag %-ában kifejezett huminsavtartalom a komposztálás alatt lecsökken. Ha figyelembe vesszük, hogy e komposztban volt leghevesebb az erjedés, úgy érthetővé válik, hogy az erjedésnek az istállótrágya és fekáltrágya alacsony molekulájú, könnyen bomló huminsavai is áldozatul estek. Ez a körülmény az érettebb, ellenállóbb huminsavak relatív gyarapodását vonta maga után, ami az extinkció-értékek növekedésében mutatkozott meg.

Az anaerob érlelés huminsavainak  $K_{66}$  és  $K_{47}$  fényabszorpció értékei egyértelmű, de kicsiny növekedést mutatnak, ami összefüggésben van azzal, hogy e komposztokban igen mérsékeltek az anyag átalakulási folyamatok.

Mindezek alapján elmondhatjuk, hogy a minőségi változások értékszámai összhangba hozhatók a humifikáció anyagátalakulásának mennyiségi viszonyaival.

Összevetve az eredményeket, az „A” komposztban másképpen folyt le az erjedés, mint a „B” komposztban. Az „A” komposzt nitrogén és foszfortartalma magasabb, C/N aránya szűkebb, mint a „B” komposzté. Összes szervesanyag vesztesége ugyan nagyobb volt, mint a „B” komposztban, viszont huminsav-vesztesége kisebb és a huminsavtartalom relatív gyarapodást mutatott. A „B” komposzt összes szervesanyag vesztesége kisebb, de ugyanakkor a humifikálódás gyengébb, vagyis ebben a komposztban a szervesanyag humifikálódására kevésbé voltak megfelelőek a feltételek.







# ДАННЫЕ К ПОЗНАНИЮ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ПРИ СОЗРЕВАНИИ КОМПОСТОВ.

## КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ

Л. Тэрэк

Научно-Исследовательский Институт Торфа — Тростника и Промышленных органических удобрений  
Министерства легкой промышленности Будапешт, Венгрия

### Резюме

Своими исследованиями мы хотели установить как, в течение года состав и аэрация влияют на качество и количество всего органического вещества, а также гумифицированного органического вещества. Другой целью исследований было установление пригодности применяемого нами метода для оценки и наблюдения качественных и количественных изменений гуминовых кислот, происходящих во время компостирования. Для проведения исследований был сконструирован выщелачивающий прибор, позволяющий непрерывно выделять гуминовые кислоты из компоста таким образом, чтобы получились повторяемые результаты. Исследуемые компосты готовили из пяти исходных материалов (Табл. 1. а—е) следующего состава: А) Компост = 34% земли городской свалки + 33% зеленого мусора + 33% содержимого рубца; В) и С) компосты = 50% земли городской свалки + 15% навоза + 15% торфофекальной смеси + 20% зеленого мусора (Компосты А и В — аэробные С — анаэробный).

1. Годовой период компостирования, когда биологические процессы протекали умеренно, характеризуется потерей органического вещества. С точки зрения технологии компостирования и производственной убыли важно определение того, что потери идут не только за счет неразложившегося органического вещества, но в ходе процессов брожения теряется и часть гуминовых кислот, находившихся в компосте с момента его закладки, этот процесс происходит в первую очередь в компостах содержащих большее количество низкомолекулярных свеж образованных гуминовых кислот, сильно аэрируемых вследствие рыхлой их укладки из-за чего первый период брожения протекает бурно, это условие с одной стороны увеличило потери гуминовых кислот, с другой в результате быстрого высыхания — препятствовало разложению всего органического вещества.

2. Наибольшая убыль органического вещества наблюдается в период бурного брожения. После достижения температурного максимума этот процесс затухает. Убыль органического вещества продолжается, хотя и менее быстро, до конца периода компостирования.

3. Абсолютное содержание гуминовых кислот на первом этапе обоих аэробных способов компостирования снижается, особенно в рыхлом компосте «В», затем останавливается на точке минимума и после этого постепенно повышается.

Относительное содержание гуминовых кислот в процентах от валового содержания органического вещества в компосте «А» — сначала понижается, а затем — повышается.

4. При компостировании в анаэробных условиях изменение содержания как всего, так и гумифицированного органического вещества очень невелико, не определенное, но убывающего направления.

Рис. 1. Прибор для выщелачивания (в половину настоящей величины) I. стакан для выщелачивания, II. фильтр, III. Прибор в собранном виде.

Рис. 2. Кривая температур А и В — аэробное, С — анаэробное.

Таблица 1. Состав исходных материалов (1) Исходные материалы: а) земля городской свалки, в) торфо-фекальная смесь, е) навоз, д) зеленый мусор, е) содержимое рубца. (2) В пересчете на сухое вещество — потеря при прокаливании, зола, N и  $P_2O_5$  %.

Таблица 2. Данные анализа трех исследуемых видов компоста (А, В и С). (1) Образцы компоста и время созревания компоста в днях — (2)  $N_2O$  и рН в исходном компосте. (3) Потери при прокаливании в % от воздушно сухой массы, общее количество органического вещества, C, N,  $P_2O_5$  и  $K_2O$ . (4) Содержание кг органического вещества и гуминовой кислоты в 1 ц. сухого вещества компоста.

Таблица 3. Потери органического сухого вещества из 1 ц. компоста в разные сроки в течение годичного компостирования. (1) Через сколько дней компостирования взят



образец: (2) Потери органического вещества в %. (3) За какой срок (4) Потери органического вещества в %. (3) За какой срок (4) Общие потери органического вещества в кг.

**Таблица 4.** Количество фракции гуминовой кислоты в различные периоды (срок) при обработке спирто-бензолом в пересчете на органическое вещество в %. (1) Образцы компоста и время компостирования в днях. (2) Компост в пересчете на сухое вещество. (3) в пересчете на валовое содержание органического вещества. (4) валовое содержание органического вещества (5) растворимое в кислоте. (6) Фульво кислота. (7) Гуминовая кислота. (8) Всего растворимого органического вещества.

**Таблица 5** Изменение качества компостов и гуминовых кислот за время компостирования (1) Образцы компоста и время компостирования в днях. (2) в пересчете на 100 мг. с/100 мл. раствора.

**Таблица 6.** Содержание гуминовой кислоты в компостах, компостированных различными способами. (1) Образец. (2) Способ компостирования (3) %-ное содержание гуминовой кислоты в органическом веществе. (4) %-ное содержание гуминовой кислоты в компосте.

## Contributions à la connaissance des processus de la fermentation des composts

L. TÖRÖK

Institut de Recherche du Ministère de l'Industrie légère concernant la tourbe et le roseau et les composts industriels, Budapest

Nos recherches ont eu pour but d'établir en quel degré la composition diverse et l'aération ont une influence sur la quantité et la qualité de la matière organique totale et de la matière humifiée des composts. Nous avons fait ces recherches aussi dans le but d'élucider la question si notre méthode peut servir à suivre et à évaluer les changements quantitatifs et qualitatifs des acides humiques au cours de la préparation du compost. Pour ces recherches nous avons construit un appareil d'extraction qui nous a rendu possible d'extraire les acides humiques des composts sans discontinuer et d'une manière reproductible. Les composts employés ont été préparés à partir de cinq matériaux de base dans les combinaisons suivantes : compost A : 34% de «terre cséri» (= un terreau préparé des gadoues de la ville) + 33% de gadoues vertes + 33% de déchets de boyaux; compost B et C: 50% de „terre cséri” + 15% de fumier de ferme + 15% de tourbe fécale (engrais préparé de tourbe et de matières fécales) + 20% de gadoues vertes (Tabl. 1. Engrais A, B et C, ae = aérobie, c = anaérob).

1. La période de la durée d'une année — pendant laquelle les processus biologiques ont été généralement modérés — est caractérisée par la perte en matière organique. Au point de vue de la technologie de la préparation du compost et des pertes à l'usine il est important de noter que non seulement la matière organique totale subit des pertes, mais une partie des matières humiques présentes originalement dans les composts se perd aussi au cours de la fermentation. Il y avait des pertes surtout dans le compost renfermant en plus grande quantité de l'acide humique frais à petit poids moléculaire, dans lequel l'aération a été forte à cause de sa structure lâche et par conséquent la première période de la fermentation a été violente. Cette circonstance a augmenté, d'une part, la perte en acides humiques, et d'autre part, elle a entravé la décomposition de la matière organique totale par suite de la dessiccation rapide.

2. La perte survenue dans la teneur en matière organique totale est la plus grande dans la période de la fermentation violente. Mais elle décline graduellement après que la température ait atteint son maximum. Le déclin de la matière organique totale persiste, quoique modérément, jusqu'à la fin.

3. La quantité absolue des acides humiques décline dans la première période des deux essais de fermentation aérobies, surtout dans les composts «B» de structure meuble, ensuite elle s'arrête à un minimum à partir duquel sa tendance devient ascendante.

La teneur en acide humique relativement à la matière organique totale à une tendance augmentant dans le compost «A» et diminuant d'abord, puis augmentant dans le compost «B».



4. Pendant la fermentation complètement anaérobie le changement survenu dans la teneur en matière humique totale et humifiée est très modéré, pas net, mais pourtant à tendance diminuant.

*Fig. 1.* L'appareil à extraction (réduit de moitié). I. Vase à extraction, II. tube filtrant, III. l'appareil entier.

*Fig. 2.* Courbe de la température AB — aérobie, C = anaérobie.

*Tableau 1.* Composition des matières primaires. (1) Matières primaires : a) «terre cséri», b) tourbe-fécale, c) fumier de ferme, d) gadoue verte, e) déchets de boyaux. (2) Perte à l'ignition rapportée à la matière sèche, cendres, N et  $P_2O_5$  %.

*Tableau 2.* Résultats obtenus avec les trois composts (A, B, C). (1) Compost et incubation en jours. (2)  $H_2O$  % et pH du compost original. (3) Perte à l'ignition, matière organique totale, C, N,  $P_2O_5$  et  $K_2O$  rapportés à la matière sèche à l'air, en %. (4) Dans un quintal de matière sèche du compost il y a de la matière organique et de l'acide humique, en kgs.

*Tableau 3.* Perte en matière organique de 1 quintal de matière sèche du compost à diverses phases de la préparation. (1) Nombre des jours de la fermentation. (2) Perte en matière sèche %. (3) Dans quelle phase ? (1) Perte totale en matière organique en kgs.

*Tableau 4.* La quantité des fractions des acides humiques dans les diverses phases dans la matière traitée au benzène-alcool rapportée à la matière sèche, %. (1) Compost et temps de l'incubation en jours. (2) Rapporté à la matière sèche du compost. (3) Rapporté à la matière organique totale. (4) Matière organique totale. (5) Soluble à l'acide. (6) Acide fulvique. (7) Acide humique. (8) Matière organique totale soluble.

*Tableau 5.* Variation de la qualité des composts et de leurs acide humiques pendant la fermentation. (1) Compost et temps de l'incubation en jours. (2) Extinctions rapportées à 100 mg c) 100 ml de solution.

*Tableau 6.* Teneur en acide humique des composts traités de manière différente. (1) Échantillon. (2) Mode de l'incubation. (3) Acide humique dans la matière organique %. (4) Acide humique dans le compost %.